

**Experimentelle Untersuchungen zur
tomographischen Darstellbarkeit von Knochendefekten,
Arrosionen und Frakturlinien an der Keilbeinhöhle
und vorderen Schädelgrube bei
Schichtaufnahmen mit hypozykloider Verwischung**

Eugen Ritter von Schönfeld

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554614_0051

AUS DER KLINIK UND POLIKLINIK
FÜR RADIOLOGIE
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. J. Lissner

" Experimentelle Untersuchungen zur tomographischen
Darstellbarkeit von Knochendefekten, Arrosionen und
Frakturlinien an der Keilbeinhöhle und vorderen
Schädelgrube bei Schichtaufnahmen mit hypozykloider
Verwischung "

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnmedizin
an der Ludwigs Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Eugen Ritter von Schönfeld
aus München

München 1974

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Frey
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Lissner
Dekan:	Prof. Dr. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	20.7.1976



DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Lebenslauf

1. Personliche Daten

1.1 Name, Geburtsdatum, Geburtsort

1.2 Matrikelnummer, Studiengang

1.3 Matrikelnummer, Studiengang, Fachbereich

1.4 Matrikelnummer, Studiengang

1.5 Matrikelnummer, Studiengang, Fachbereich

1.6 Matrikelnummer, Studiengang, Fachbereich, Fachrichtung

1.7 Matrikelnummer

1.8 Matrikelnummer

1.9 Matrikelnummer, Studiengang

1.10 Matrikelnummer, Studiengang

Meiner Oma

INHALTSÜBERSICHT

- I Einleitung
- II Probleme der tomographischen Technik
- III Klinische Beziehungen der Tumoren
- IV Klinische Beziehungen der Frakturen
- V Eigene Untersuchungen
 - 1.) Material und Methodik
 - 2.) Lokalisation der künstlich gesetzten Defekte und Frakturen.
 - 3.) Auswertung
- VI Diskussion
- VII Zusammenfassung
- VIII Literaturverzeichnis

I EINLEITUNG

Der Gedanke, Körperschnitte röntgenologisch darzustellen, kam zum ersten Mal BOCAGE in Jahre 1921.

Ihm folgten wenig später F.ORTES (24), M.CHAUSSEE (24), E. POHL (23), D.L. BARTELINK (1) und ZIEDSES DES PLANTES (35) .

Das Röntgenbild eines Körperschnittes bietet im Vergleich zum Bild eines dreidimensionalen Körpers entscheidende Vorteile: Es ist kein Summationsbild, das durch Übereinanderprojizierung hintereinanderliegender Strukturen entsteht und so die Analyse einzelner Details oft schwierig gestaltet oder sogar unmöglich macht. Ferner gestattet eine Schichtbildserie eine räumliche Analyse von Strukturen.

Bei allen Verfahren wird die Verwischung der vor und hinter der Schicht liegenden Objekte durch eine koordinierte Bewegung von Focus und Film bei Ruhigstellung des Untersuchungsobjektes erreicht. Die Bewegung von Focus und Film muss synchron, parallel einander entgegengesetzt und in einem festen Grössenverhältnis verlaufen(BOCAGE). Als geeignete Bewegungen haben sich die lineare, kreisförmige und polyzyklische erwiesen.

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr.K.W. Frey, habe ich experimentelle Untersuchungen zur tomographischen Darstellbarkeit von Knochendefekten, Arrosionen und Frakturlinien der Keilbeinhöhle und vorderen Schädelsgrube bei Schichtaufnahmen mit hypozyklischer Verwischung durchgeführt. Ziel meiner Arbeit war es,

festzustellen, ab welcher Grösse und in welchen Projektionen Knochendefekte in den Wänden der Keilbeinhöhle nachweisbar sind. Anschliessend wurde der Knochen um die Defekte arrodirt, soweit es seine Dicke zuliess, um herauszufinden, inwieweit sich die Detailerkennbarkeit bei mehr flächenhafter Knochendestruktion ändert. Ferner wurden Frakturlinien in der vorderen Schädelgrube gesetzt, um zu untersuchen, inwieweit das Tomogramm diese Frakturlinien im Vergleich zur entsprechenden Übersichtsaufnahme erfasst und sie in ihrem Verlauf erkennen lässt.

II PROBLEME DER TOMOGRAPHISCHEN TECHNIK

Das technische Prinzip der Tomographie stellt die gegenläufige Bewegung von Focus und Film um eine Drehachse dar, deren Ebene scharf abgebildet wird. Diese Ebene stellt die Schichtebene dar. Der Drehpunkt M ist frei wählbar, wird aber zweckmässigerweise in das Zentrum des Objekts gelegt werden. Der Focus der Röntgenröhre bewegt sich von F_1 über F_2 nach F_3 , der Film von O_1 über O_2 nach O_3 . Die scharfe Abbildung der Schichtebene wird durch den geometrischen Satz von den ähnlichen Dreiecken bewiesen. Jeder Punkt der Schichtebene projiziert sich während des ganzen Bewegungsablaufes auf einen genau definierten Punkt des Filmes. Das Verhältnis der Strecke Focus - Schnittebene zur Strecke Schnittebene - Film ist immer $A : a$. Dieses Verhältnis gibt das Maß an, in dem das Objekt vergrössert oder verkleinert wird. Bild und Gegenstand sind einander aber immer kongruent.

Liegt ein Punkt Q ausserhalb der Schichtebene (hier zwischen Focus - und Schichtebene), so führt er grössere Bewegungen als der Film aus. Für diesen Punkt sind die durch den Strahlengang bedingten Dreiecke nicht ähnlich. Somit fällt Q in jedem Augenblick auf einen anderen Punkt des bewegten Filmes und beschreibt auf ihm eine der Focus-Bahn und der Filmbahn konforme Kurve. Die Länge der Kurve ist umso grösser, je weiter der Punkt Q von der Schnittebene entfernt liegt.

Sie ist dem Abstand h von der Ebene II (= Schnittebene) annähernd proportional. Der dicke Schatten des Punktes Q wird also in einen langen, dünnen Schatten ausgezogen d.h. verwischt. Der Punkt Q wird umso mehr verwischt, je weiter er von der Schichtebene entfernt ist. Das Schichtbild zeigt also keine wirkliche Abbildung einer bestimmten Schicht, sondern ein Summationsbild vieler während des Bewegungsablaufes entstehender Bilder, wovon ein Bild relativ scharf abgebildet wird.

Abb.1 versucht diesen Sachverhalt zeichnerisch darzustellen.

Meine Aufgabe war es, besonders die Detaillierbarkeit im Schädeltomogramm zu untersuchen. Die besten Bedingungen für die Darstellung von Objektteilen sind dann vorhanden, wenn die darzustellenden Strukturen senkrecht zur Schichtebene und parallel zur Fendelrichtung verlaufen. Dünne und wenig dichte Objekte werden nicht immer scharf abgebildet, auch wenn sie in der Schichtebene liegen. Auf der anderen Seite bewirken stark strahlenabsorbierende Strukturen, die zwar ausserhalb der Schichtebene aber parallel zu ihr und in der Fendelrichtung verlaufen, dass ihre Störschatten die Darstellung der Strukturen der Schichtebene negativ beeinflussen. Ceteris paribus haben stark röntgendurchlässige Objekte Störlichter zur Folge.

Der Schädel stellt nun ein Objekt dar, das durch vielerlei strukturelle Eigenheiten ausgezeichnet ist. Dünne und dicke Knochenstrukturen liegen

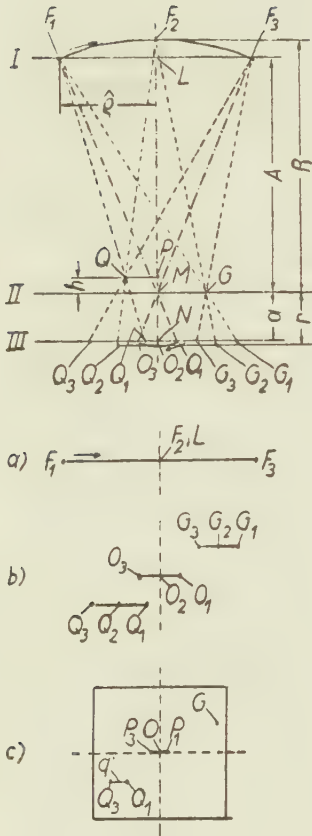


Abb. 1 (11)

Der Röhrenfocus beschreibt das Kreisbogenstück $F_1F_2F_3$ (Halbmesser = R), der Filmmittelpunkt O das Kreisbogenstück $O_1O_2O_3$ (Halbmesser = r). Der Film bleibt stets zu sich selbst und zur Ebene II parallel. Abb. 1a zeigt die Projektion der Focusbahn auf die Ebene III. In Abb. 1b sieht man die Verschiebungen, die der Mittelpunkt O des bewegten Filmes und die Röntgenschaten der Punkte G und Q im Laufe der Focusbewegung in der Ebene III erfahren. Abb. 1c zeigt die auf dem bewegten Film zustandekommenden Röntgenbilder von M (das von M fällt mit O zusammen), G, P , und $Q(q')$.

nebeneinander, die Strukturen selbst sind stark unregelmässig in ihrem Verlauf. Das erklärt die Wichtigkeit einer richtigen, dem darzustellenden Objekt angemessenen tomographischen Technik bei Schichtaufnahmen des Schädels. Ausserdem wird eine Schichtuntersuchung in mindestens zwei Ebenen postuliert, um das Risiko einer Fehldiagnose zu mindern (9,3,29).

Die gute Verwischung von Störlichtern und-schatten stellt nun gerade in der Schädeltomographie eine Bedingung für gute Detailerkennbarkeit dar. Sie wird umso wirkungsvoller, je grosser der Pendelwinkel und je länger der Weg ist, den das zu verwischende Objekt auf dem Film zurücklegt. Der geometrische Verwischungsgrad (11) gibt die Fläche an, die ein Störschatten während der Bewegung des Focus -Film-Systems bestreicht - in das Verhältnis gesetzt zur Fläche seines Rumeschattens

Tab. 1 :Focusweglänge am POLYTONE(29)

Pendelwinkel	Verwischungsfigur	Focusweglänge
40°	—	77 cm
40°		186 cm
36°		217 cm
48°		451 cm

Je grösser die Fläche des Störschattens ist, desto mehr werden auch Einzelheiten in der Nähe der Schichtebene überwischen. Ausserdem wird der Übergang von der Schichtebene mit scharf dargestellten Strukturen zur Nachbarschaft entsprechend steiler (Zunahme des *Verwischungsgradienten* nach VIETEN(33)). Ein grösser Pendelwinkel und ein langer Röhrenweg, wie ihn die hypozykloidale Verwischung bieten, hat einen grossen Verwischungsgradienten und somit eine bessere Detailerkennbarkeit zur Folge.

Je grösser aber der geometrische Verwischungsgrad wird, desto geringer wird der Kontrast(30). Der Kontrast wird weiterhin geringer, wenn der Pendelwinkel ansteigt, da mit steigendem Pendelwinkel die Schichtdecke abnimmt. Aus Untersuchungen von ZIEDSES DES PLANTES(35) wissen wir, dass sich nur solche Strukturen auf dem Film abbilden, die tangential vom Zentralstrahl getroffen werden. Da der Röhrenfokus einen Weg um das Objekt beschreibt, trifft der Zentralstrahl mehrere Objektgrenzen, die im Film dann scharf zur Darstellung gelangen. Aus diesem Grund müssen Strukturen, die scharf dargestellt werden, nicht unbedingt in einem Winkel von 90° zur Schichtebene stehen. Aus Untersuchungen von STIEVE (28) wissen wir, dass das darzustellende Objekt bis zur Hälfte des Pendelwinkels ausserhalb zur Senkrechten auf die Schichtebene gedreht sein kann(*Tangentialeffekt*). Die Darstellbarkeit von Details wird innerhalb dieser Grenzen nicht beeinträchtigt. Laut REISNER (26)

wird auch die Detailschärfe durch die Nachbarschaft
verschieden röntgendurchlässiger Strukturen, wie
Weichteil- Knochen-oder Luft -Knochen nicht geringer.

III. KLINISCHE BEZIEHUNGEN DER TUMOREN

Die Malignomlokalisation am Gesichtsschädel beträgt etwa 0,5 bis 1% aller bösartigen Geschwülste, wobei Männer häufiger befallen werden als Frauen (WUSTROW (34)). Die Frünerkennung dieser Tumoren jedoch gestaltet sich sehr schwierig, da sich eine klinische Symptomatik meist erst in einem fortgeschrittenen Stadium bemerkbar macht. Symptome wie Verlegung der Nase, Absonderung eines blutigen, oft auch stinkenden Sekretes, Tränenträufeln, Auftreibungen, An- oder Parästhesien im Schädelbereich oder Druckschmerz im Schädelinneren führen den Patienten meist spät zum Arzt. Umso wichtiger ist es dann, den Tumor genau in seiner Lokalisation zu erfassen, was durch eine tomographische Untersuchung möglich ist. Differentialdiagnostisch muss abzuklären versucht werden, ob es sich um einen malignen oder benignen Tumor, eine Flüssigkeitsretention oder eine entzündliche Affektion der Schleimhaut handelt. Diese Abklärung wird sich aber meist nicht prä operationem, sondern erst intra oder post operationem vornehmen lassen. Gleichzeitige Affektion von Nebenhöhlen erster und zweiter Ordnung, wie z.B. Kieferhöhle und Keilbeinhöhle, spricht für einen malignen Prozess. Sie kann aber auch bei Fibromen angetroffen werden.

Die Prognose der malignen Prozesse ist immer noch sehr unbefriedigend. WUSTROW (34) gibt eine 5-Jahresheilung bei ausgedehnten Nasennebenhöhlentumoren nach operativem Vorgehen von 29,4% an.

Charakteristische Merkmale maligner Tumoren sind ein infiltrativ-destruierendes Wachstum mit Einbruch in Gefäße sowie die Fähigkeit der lymphogenen oder hamatogenen Metastasierung. Zu unterscheiden ist ferner zwischen malignen Tumoren epithelialen Ursprungs, den K a r z i n o m e n, sowie solchen mesenchymalen Ursprungs, den S a r k o m e n. Im Nasennebenhöhlenbereich ist die Häufigkeit der Karzinome viel grösser als die der Sarkome. FLEISCHER(6) gibt das Verhältnis mit 1 : 4, WUSTROW (34) mit 1 : 2 an.

Das verhornende P l a t t e n e p i t h e l k a r z i n o m dringt infiltrativ mit Epithelzapfen in das Gewebe ein und führt zu Knochendestruktionen.

Auch das nichtverhornende P l a t t e n e p i t h e l k a r z i n o m ist im Nasen-Rachen-Raum anzutreffen, obwohl die Nase und ihre Nebenhöhlen mit Zylinderepithel ausgekleidet sind. Über diese Umwandlungen des Epithels werden in der Literatur verschiedene Theorien diskutiert. (KUMMEL(18), OELIKOFER(22), HOMMERICH(13).

A d e n o k a r z i n o m e treten sehr früh, meist im ersten Lebensjahrzehnt auf (RINGERTZ(27)). Sie entwickeln sich aus den Epithel der sero-mukösen Drüsen der Schleimhäute (TAKASHI (31)). Besonders typisch ist für diesen Tumor sein geringer Differenzierungsgrad und damit ein sehr schnelles, ungezügelteres Wachstum.

Z y l i n d r o m e stellen ca. 3% aller Nasennebenhörentumoren(HOMMERICH(13)) dar.Sie werden als eine Sonderform des Adenokarzinoms betrachtet(WUSTROW (34)), wobei sie neben verdrängendem, auch infiltratives Wachstum zeigen können.Sie werden deshalb zu den bedingt malignen Tumoren gerechnet.

H y p o p h y s e n a d e n o m e, chromophile und chromophobe, lassen sich erst dann röntgenologisch nachweisen, wenn schon der grösste Teil der Hypophyse zerstört ist.Meist breiten sie sich dann gegen das Hirn zu aus, rein verdrängend.Sie können aber auch basalwärts wachsen und den Knochen arrodieren. Besonders bei infrasellärer Ausdehnung kann es zum Einbruch in die Keilbeinhöhle kommen(MUNDINGER und RIECHERT (21)), wobei noch zwischen chromophilen und chromophoben Adenomen zu unterscheiden wäre:

" Die eosinophilen Adenome dehnen sich anscheinend vorwiegend nach der Keilbeinhöhle aus, hingegen die rascher wachsenden chromophoben gegen das Diaphragma. Wächst die Geschwulst nach hinten, so wird das Dorsum sellae bzw. der Clivus zerstört, und die Tumormassen schieben sich der Basis entlang bis zur Pons vor." (21)

Bösartige Tumoren des Mesenchyms sind die S a r k o m e. Sie können weitgehend undifferenziert auftreten(R u n d z e l l s a r k o m, polymorphkerniges S a r k o m) oder einen höheren

Differenzierungsgrad aufweisen.

F i b r o s a r k o m e entstehen aus dem Bindegewebe. Sie werden in zentrale, periostale und extraperiostale Fibrosarkome unterteilt, Besonders die Fibrosarkome, die im Bereich des Keilbeins entstehen, dürften als periostale Fibrosarkome anzusprechen sein, da für diese Formen kein anderes Muttergewebe als die dünne Periostschicht unter der Schleimhaut der Nebenhöhle zur Verfügung steht. Fibrosarkome metastasieren in der Regel über die Blutbahn.

C h o n d r o s a r k o m e sind bösartige Geschwülste, die Knorpelgrundsubstanz produzieren. Die Malignität dieser Tumoren, besonders im Nasennebenhöhlenbereich, liegt in ihrem lokal invasiven Wachstum, wobei sie meist vom Nasenrachenraum auf die Schädelbasis übergreift. Sie setzen relativ spät und selten Metastasen.

O s t e o s a r k o m e treten am Schädel relativ selten auf. Bevorzugt befallen sie das Stirnbein und das Keilbein (15)), wobei sie den Knochen diffus infiltrieren. Sie gelten als hochmaligne und metastasieren relativ früh. Die Überlebenszeiten nach therapeutischen Maßnahmen erreichen kaum die 3-Jahresgrenze.

Einen weiteren hochmalignen Tumor stellt das E w i n g - S a r k o m dar. Darunter versteht man strahlenempfindliche, völlig

undifferenzierte rundzellige Knochenmarkstumoren. Im Bereich des Gesichtsschädels treten sie relativ selten auf, vorwiegend aber bei Jugendlichen. Sie durchbrechen das Periost, nachdem sie es abgehoben haben und infiltrieren in das umgebende Weichteilgewebe.

Benigne Geschwülste zeichnen sich durch ein nicht-invasives Wachstum aus und metastasieren nicht. Sie zeigen ein expansives Wachstum, wobei angrenzender Knochen infolge Druckatrophie abgebaut wird. O s t e o m e der Nasennebenhöhlen treten relativ häufig auf, wobei in 7% der Fälle die Keilbeinhöhle betroffen ist.

A n g i o f i b r o m e treten meist in jugendlichem Alter auf, wobei infolge Druckatrophie der Keilbeinhöhlenboden abgebaut werden kann.

Im Keilbeinhöhlenbereich treten weiter noch M e n i n g i o m e, T r i g e m i n u s n e u r i n o m e, C h o r d o m e und das K r a n i o p h a r y n g i o m auf. Primärtumor dieser Gewächse ist ein H y p e r n e - p h r o m, P r o s t a t a k a r z i n o m, T h y r o i d e a - k a r z i n o m oder ein M a m a k a r z i n o m.

Bei den G l o m u s t u m o r e n, die von den Glomera in der Fossa jugularis, am R. auricularis

nervi Vagi, im Canalis tympanicus und im Cavum tympani am Ilexus tympanicus ausgehen, kann man eine juguläre und tympanale Form unterscheiden (FREY (8)). Es handelt sich dabei um infiltrativ wachsende Geschwülste, die erheblich vaskularisiert sind und zwar langsam, aber ausgedehnt wachsen. Felsenbeinspitze und Carotiskanale können bei fortgeschrittenem Wachstum betroffen sein(20).

Differentialdiagnostisch ist bei Arrosionen der Nasennebenhöhlenwände auch an eine massiv auf den Knochen übergreifende Entzündung oder an eine sich schnell vergrößernde M u k o z e l e zu denken, ein maligner Prozess liegt nicht immer vor (PSENNER (25)). Mit Hilfe des Röntgenbildes allein ist die Differentialdiagnose nicht zu stellen.

Nach FLETCHER/ JING (7) sind die Hauptausbreitungsrichtungen von primären Keilbeinhöhlektumoren wie folgt:

- 1.) Nach unten in den Nasopharynx. Die Tumoren sind schwer von primären Tumoren des Nasopharynx zu unterscheiden.
- 2.) Nach oben in die mittlere Schädelgrube.
- 3.) Nach vorne in die hinteren Siebbeinzellen.

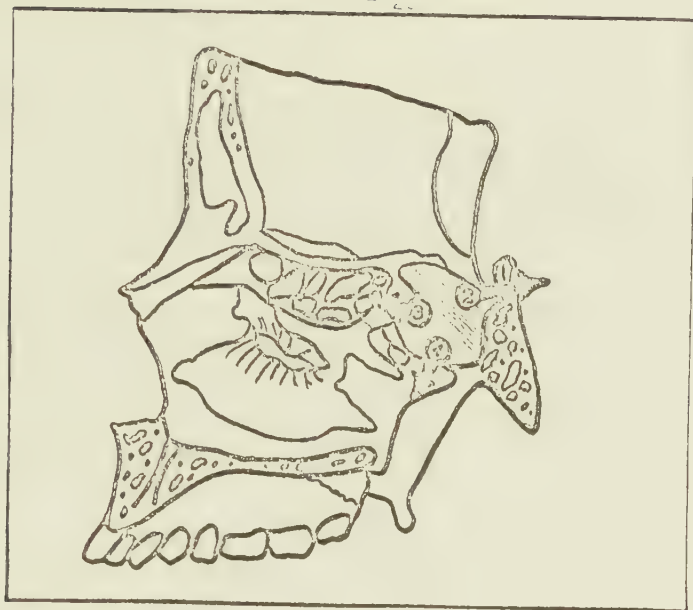


Abb. 2 (7)

Primäre Tumoren der Keilbeinhöhle entstammen Epithelien, die auf ihrer Wanderung von der Mundbucht zur Sella in den Keilbeinhöhlen liegengeblieben sind und zu Tumoren- Adenomen oder Kraniopharyngiomen- auswachsen. HANDKE(12) beschrieb ein Lymphosarkom, das von der Schleimhaut der Keilbeinhöhle ausging und starke Zerstörung des Keilbeins und der Pyramide zur Folge hatte.

Sekundär aus der Nachbarschaft in die Keilbeinhöhle einwachsende Tumoren benignen oder malignen Art

sind weitaus häufiger! Sie entstammen vorallem dem Hypopharynx, der Hypophyse, den Siebbeinzellen und dem Kleinhirnbrückenwinkel.

IV KLINISCHE BEZIEHUNGEN DER FRAKTUREN

Eine röntgenologische Schädeluntersuchung nach einem Trauma erfolgt in erster Linie auf Grund des klinischen Befundes. Es handelt sich darum, die klinische Verdachtsdiagnose einer Fraktur zu erhärten oder auszuschalten sowie die Lage dieser Fraktur in Erfahrung zu bringen. Allerdings wird nicht immer jede Fraktur zu erfassen sein. Dies hat verschiedene Gründe(nach LÖPP- LORENZ (19)):

- " 1.) Der Schädel muss so gelagert werden, dass der Zentralstrahl den Knochen in der Spaltrichtung durchsetzt, d.h. er muss orthograd einfallen. Eine schräg vom Röntgenstrahl getroffene Fissurlinie entgeht evtl. den Nachweis auf dem Film.
- 2.) Die Fissuren müssen eine makroskopisch erkennbare Weite besitzen.
- 3.) Der frakturierte Knochenabschnitt muss möglichst filmnah gelagert werden.
- 4.) Die Fissur darf nicht von einem kompakten Knochen überlagert werden.
- 5.) Tiefe pneumatische Räume können eine Fissur in einer dünnen Knochenplatte fortleuchten.
- 6.) Feine Fissuren in besonders dünnen Knochenwänden ,wie im Orbitabereich, können sich deshalb dem röntgenologischen Nachweis entziehen,

- 11 -

weil der Kontrast zwischen Fissur-
spalt und Kalkschicht zu gering ist."

Diese Faktoren, die den Nachweis von Frakturlinien behindern, gelten aber nicht alle für das tomographische Verfahren. Insbesondere der unter Punkt 4) genannte Grund entfällt, sodass in stark überlagerten Schädelbereichen oder bei dünnen Knochenwandungen mit Hilfe von Schichtaufnahmen die im Summationsbild nicht oder nur ungenügend diagnostizierbare Frakturen nachzuweisen sein werden. Der Wert der Tomographie liegt vor allem in einer genauen Grössen- u. Verlaufsbestimmung einer Fraktur und in der Information über eine evtl. Mitbeteiligung benachbarter Strukturen (2).

DIETZ (5) und KLEY (16) zeigten, dass von den Nasennebenhöhlen die Stirnhöhle am häufigsten von Frakturen betroffen ist. Es handelt sich hierbei um charakteristische Verletzungen bei Verkehrsunfällen durch Aufprall des Schädels gegen einen Widerstand. Zweck der Röntgenuntersuchung ist vor allem die Klärung der Frage, ob eine Fraktur der Hinterwand besteht oder nicht, da eine Hinterwandfraktur besonders die Gefahr einer Meningitis beinhaltet. Treten Vorder- und Hinterwandfrakturen bei Verkehrsunfällen auf, so kommt eine isolierte Hinterwandfraktur meist nur bei Schussverletzungen vor (32).

Frakturen des Canalis opticus machen sich durch schwere Sehstörungen bemerkbar. Es handelt sich hierbei um Berstungsfrakturen. Das orbitale Ende des Kanals besteht aus kompaktem Knochen, seine innerhalb des Schädels gelegene obere Wandung ist sehr dünn. So ist erklärlich, dass eine Fissur, die auf diesen dünnwandigen Abschnitt beschränkt ist, infolge Überlagerung durch den kompakteren äusseren Kanalarand im Übersichtsbild nicht darstellbar ist. Hier ergibt sich eine Indikation zur Schichtuntersuchung.

Frakturen der Lamina cribrosa und der vorderen Schädelgrube sind röntgenologisch auch mit Hilfe der Tomographie besonders schwer darzustellen. Es handelt sich hierbei meist um einen Teil von ausgedehnten Traumen im Bereich des Gesichtsschädels, in deren Folge Liquorabfluss und Pneumocephalus auftritt.

Frakturen des Orbitadaches treten meist im Gefolge von Schädelbasisbrüchen auf, die von der mittleren und hinteren Schädelgrube ausgehen. Als typisch sind die Verlaufsrichtungen zu betrachten, die den besonders verdünnten Knochenpartien des Orbitadaches entsprechen. Es handelt sich hierbei meist um Fissuren, wobei das Periost der Orbita unverletzt bleibt, aber durch ein Hämatom vom Knochen abgetrennt werden kann. Reicht die Fissur bis zum Canalis opticus, wie es oft der Fall ist, dann ist einseitige Erblindung, die vorübergehend sein kann, die Folge.

V. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1.) Material und Methodik

Als Versuchsobjekt diente ein gut erhaltener mazerierter Schädel. Der Kalkgehalt des Knochens entsprach dem eines lebenden. Die Keilbeinhöhlen waren normal angelegt.

Da versucht werden sollte, intravitale Verhältnisse möglichst genau zu imitieren, wurde der Schädel während der Aufnahmen in ein mit Wasser gefülltes Becken eingebracht, um Streustrahlen zu erzeugen. Wie aus folgender Tabelle von MASHEY und BIRKNER (10) ersichtlich ist, ist Wasser zum Ersatz der Weichteile gut geeignet:

Tab.2

Substanz	Dichte g/cm ³
Wasser	1,0
feuchtes Muskelgewebe	1,0
Fett	0,92
Knochen	1,9
Lunge, nicht kollabiert	0,2
Luft	0,0013

- 2 -

Durch die angebrachten Defekte drang Wasser in die Nasennebenhöhlen, sodass dadurch eine Verschattung derselben durch Blut oder Gewebe imitiert wurde.

Wurde durch Arrosion eine grosse Spongiosafläche freigelegt, so drang hier bevorzugt Wasser ein, was eine Infiltrierung der weitmaschigen Spongiosa mit Gewebe nachahmte.

Um eine genaue Fixierung des Schädels während der Aufnahmen zu erreichen und um eine Reproduzierbarkeit der Versuche zu gewährleisten, wurden zwei Schrauben mit Innengewinde am Schädel mittels Palavit M, einem Autopolimerisat, angebracht. Die eine Schraube wurde in der mit Medianebene in der Mitte der Kalotte verankert, um von der Sagittalen aus Drehungen zur lateralen Schädel-lage hin ausführen zu können; die andere Schraube wurde parallel zur Deutschen Horizontalen im os temporale befestigt, um die axiale Projektion vornehmen zu können.

Der Schädel wurde an einen Kinostativkopf mit Aussengewinde angeschraubt. Der Stativkopf war drehbar, wies eine Gradeinteilung (jeweils in Abständen von 15° eine Markierung) auf und war an einem rechtwinkligen Holzgestell befestigt. Das Holzgestell wurde mit Eisenplatten beschwert, sodass es auf dem Boden des Wasserbeckens stabil stand.

Die Versuche wurden mit dem Schichtgerät POLYTON E (Philips-Massiot) in hypozykloider Verwischung durchgeführt.

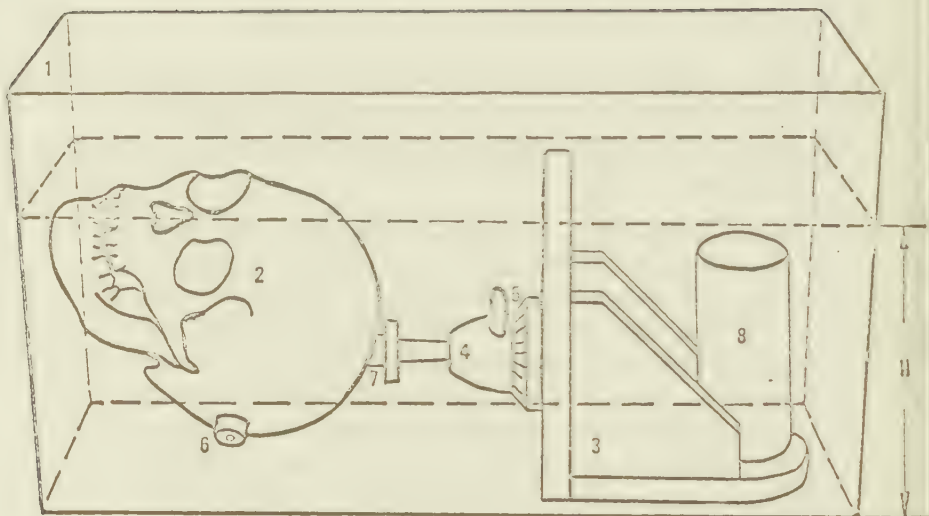


Abb. 3 (nach Jäkel (14))

- H = Höhe Wasserspiegel zwischen 10 cm (bitemporal)
und 17 cm (a.-p.)
- 1 = Kunststoffbecken
 - 2 = mazerierter Schädel mit abgedichteten Kieferhöhlen
 - 3 = rechtwinkliges Holzgestell
 - 4 = Kinostativkopf
 - 5 = Gradskala mit Strichmarkierungen von 15°
 - 6 = Schraube für axiale Einstellung
 - 7 = Schraube für die übrigen angewendeten Projektionen
 - 8 = Eisenzylinder

Es wurden Normalfilme vom Format 24 x 30 cm benützt, wobei jeweils 4 Einzelaufnahmen darauf projiziert wurden. Die Filmentwicklung erfolgte mit automatischer Maschine.

Technische Daten:

Abstand Focus-Schichtebene	110 cm
Abstand Schichtebene-Film	35 cm
Vergrößerung	1,3
Dauer der hypocyloiden Bewegung	6 sek.
Aufnahmespannung	50- 75 kV
Stromstärke	50 mA
Endelwinkel	48°
Brennfleck	1 mm

Der Schädel wurde in der Sagittalen so einjustiert, dass die Ebene der Deutschen Horizontalen senkrecht zur Schichtebene war. Die Ebene der Deutschen Horizontalen kam in der axialen Projektion parallel zur Schichtebene zu liegen. Der Schichtabstand in allen sieben Projektionsrichtungen(a.-p., bitemporal, axial, a.-p. 30° n. li. u. n. re., a.-p. 60° n.li.u. n.re.) betrug konstant 2 mm.

Zuerst wurde der Schädel, an dem die 5 mm -Defekte bereits angebracht waren(KLOTZ (17)) in allen sieben Projektionen durchgeschichtet. Dann wurden kontralateral Defekte von 2mm Grösse gesetzt, und der Schädel in allen Ebenen tomographiert. Nachdem die 2mm Defekte auf 3mm erweitert waren, wurden

die entsprechenden Tomogramme angefertigt. Mit den 4mm Defekten wurde ebenso verfahren, wobei zusätzlich vor dieser Tomogrammserie die 5 mm Defekte, soweit es die Knochendicke zuließ, arrodirt und Frakturen mit einer 0,5 mm starken Knochenfräse gesetzt wurden.

Abschliessend wurden in die Defekte kleine Metalldrähte gelegt und mit Wachs fixiert; dann wurde der Schädel nochmals in allen sieben Projektionsrichtungen tomographiert und die Bilder mit den entsprechenden Serien verglichen. So konnten evtl. Fehldiagnose, besonders bei den ungewohnten 30 und 60° Drehungen, vermieden werden. Wurde ein Defekt auf diese Weise identifiziert, so konnte er bestenfalls mit (+) bezeichnet werden.

Schliesslich wurden Summationsbilder in den sieben verschiedenen Projektionen angefertigt, um deren Aussagewert bezüglich der Frakturdiagnose im Vergleich zum Schichtbild beurteilen zu können.

2.) Lokallisation der künstlich gesetzten Defekte und Frakturen.

Entsprechend den Hauptausbreitungsrichtungen der Tumoren wurden folgende sieben Defekte gesetzt, wovon sechs mit Defekten von KLOTZ (17) identisch waren:

- Defekt a: Von der Fossa hypophysialis in die Keilbeinhöhle, links, ohne 5 mm Defekt.
- " b: Parasellärer Defekt in die Keilbeinhöhle, links.
- " c: Vom distalen Ende des Vomers in die Keilbeinhöhle.
- " d: Durch den Clivus in die Keilbeinhöhle
- " e: Defekt an der Felsenbeinspitze, rechts
- " f: Durch die Fossa pterygoidea in die Fossa pterygopalatina, links
- " g: Defekt am horizontalen Teil des Canalis caroticus, rechts

Entsprechend den häufigsten Frakturlinien in Bereiche der vorderen Schädelgrube wurden folgende Frakturen gesetzt:

- Fraktur 1: Fraktur in der Lamina cribrosa, rechts
- " 2: Fraktur in der Sutura sphenofrontalis, rechts
- Fraktur 3: Fraktur des Canalis opticus, rechts
- " 4: Fraktur der Stirnhöhlenhinterwand links
- " 5: Frakturen im Orbidach, rechts

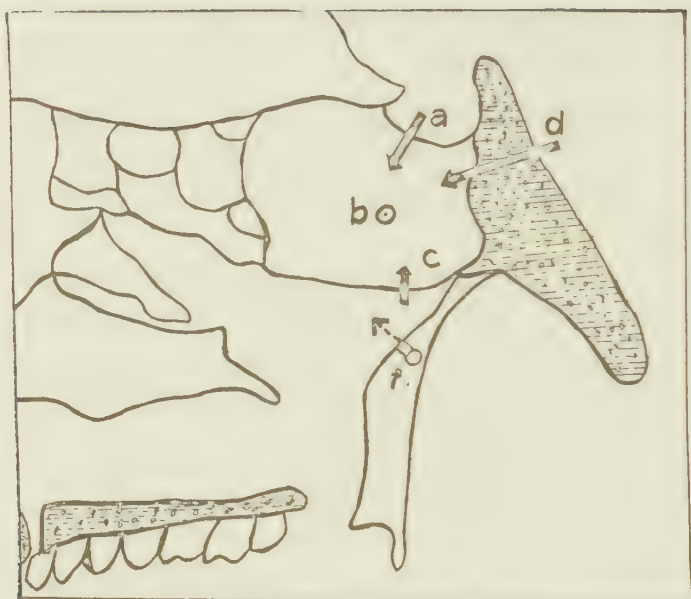


Abb.4 : Lokalisation der Defekte a, b, c, d und f



Abb.5 : Lokalisation des Defektes e

3. Auswertung (Ergebnisse, Tabellen, Skizzen).

Erklärung der verwendeten Zeichen und Symbole:

- ++ = Defekt eindeutig erkennbar und diagnostizierbar
- + = Defekt erkennbar und diagnostizierbar
- (+) = Defekt nur mit Kenntnis seiner anatomischen Lage erkennbar, nicht diagnostizierbar
- P = Profildefekt: Der Defekt wird vom Zentralstrahl tangential getroffen.
- A = Aufsichtsdefekt: Der Zentralstrahl trifft die Defektoberfläche senkrecht.
- S = Schrägdefekt: Variation zwischen P und A
- 1) = Zum Vergleich die Ergebnisse des 5-mm-Defekts der pneumatisierten Keilbeinhöhle.

Die 5-mm- Defekte sind identisch mit denen der pneumatisierten Keilbeinhöhle (17), die 2,3 und 4-mm-Defekte waren den 5-mm-Defekten kontralateral gesetzt. Die zu den Defekten gehörigen Abbildungen sind Skizzen von Tomogrammen der 5 mm- Defekte, modifiziert nach KLOTZ.

Defekt a: Defekt von der Fossa hypophysialis in die Keilbeinhöhle, links

An der Stelle des Defektes war die Wand sowohl zur Vertikalen als auch zur Horizontalen um etwa 30° geneigt. Die Knochenwandstärke betrug 0,4 mm.

Bis zu einer Grösse von 4 mm liess er sich in keiner Projektion nachweisen. Als geeignetste Projektion erwies sich die Drehung 30° nach rechts aus der sagittalen Schädellage sowie das bitemporale Tomogramm, wobei er auch nur ab einer Grösse von 4 mm erkennbar war. Die allgemein schlechte Diagnostizierbarkeit erklärt sich aus der ungünstigen Neigung der Wand sowie aus der geringen Knochendicke.

	2 mm	3 mm	4 mm
a.-p.	-	-	(+)A +A ₁)
a.-p. 30° n.li.	-	-	- +A ₁)
a.-p. 30° n.re.	-	-	+ S +A ₁)
a.-p. 60° n.li.	-	-	(+)P
a.-p. 60° n.re.	-	-	(+)S
bitemporal	-	-	+ P
axial	-	(+)A	(+)A +A ₁)



LATERALE SCHÄDELLAGE

Abb. 6

- 1 Keilbeinhöhle
- 2 Siebbeinzellen
- 3 Clivus
- 4 Stirnhöhle
- 5 Oberkiefer

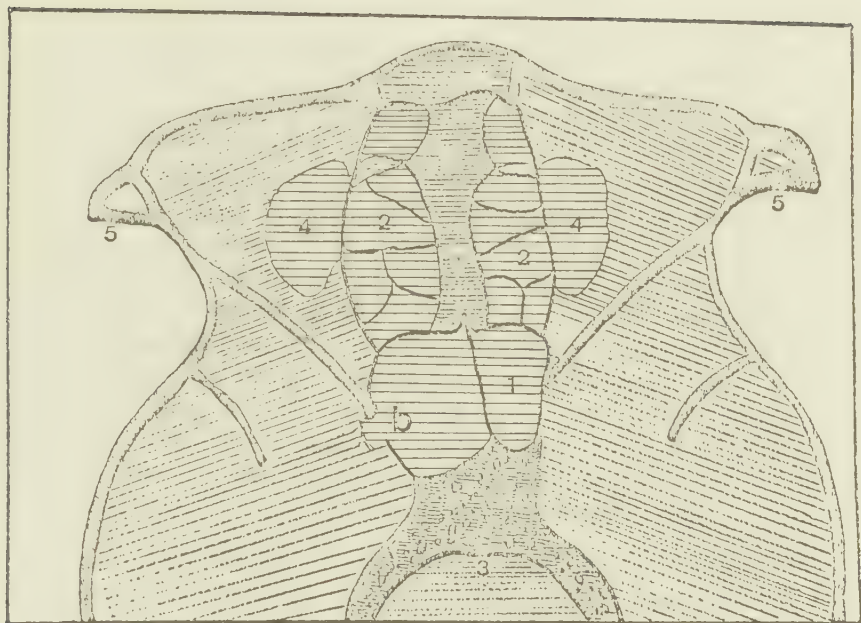
Da alle drei Defekte (a, c, d) genau in der Medianebene lagen, kamen sie auf einer Aufnahme zur Darstellung.

Defekt b: Parasellärer Defekt in die Keilbeinhöhle,
links.

Der Defekt befand sich dorsal der Fissura orbitalis superior. Die Stärke des Knochens betrug 0,3 mm. Die allgemein schlechte Erkennbarkeit ist auf die geringe Wandstärke zurückzuführen. Nur in der axialen Projektion gelang eine befriedigende Darstellung, wobei auf Grund der Füllung sowohl des Defektes als auch der Keilbeinhöhle mit Wasser-Imitation des durchgebrochenen Tumors- eine bessere Detailerkennbarkeit verhindert wurde.

Der arrodiierte 5- mm- Defekt der Gegenseite erwies sich genau so diagnostizierbar, nur waren hier die Konturen bedeutend unschärfer.

	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	5mm ar.
a.-p.	-	-	-	$\bar{P}_1$ (+) $\bar{P}_1$)	-
a.-p. 30°n.li.	-	-	-	$\bar{P}_1$ (+) $\bar{P}_1$)	-
a.-p. 30°n.re.	-	-	-	$\bar{S}_1$ + $\bar{S}_1$)	-
a.-p. 60°n.li.	-	-	-	$\bar{A}_1$ (+) $\bar{A}_1$)	-
a.-p. 60°n.re.	-	-	-	$\bar{A}_1$ + $\bar{A}_1$)	-
bitemporal	-	-	-	$\bar{A}_1$ + $\bar{A}_1$)	-
axial	(+) P	(+) P	+ P	++ P ++ $\bar{P}_1$)	+ P



AXIALE SCHÄDELLAGE

Abb. 7

- 1 Keilbeinhöhle
- 2 Siebbeinzellen
- 3 Clivus
- 4 Kieferhöhlen
- 5 Os zygomaticus

- 11 -

Defekt c: Defekt vom distalen Ende des Vomers
in die Keilbeinhöhle.

Der durchbohrte Knochen wies an seiner ventralen Seite eine Dicke von 3 mm , an seiner dorsalen Seite eine Dicke von 9 mm auf, wobei die Kompakta sehr dünn war. Seine relativ gute Darstellung in einigen Projektionen resultiert aus der Dicke des durchbohrten Knochens. Am besten kam er in der axialen Projektionsrichtung in Aufsicht zur Darstellung, wo er bereits bei einem Durchmesser von 2 mm mit Kenntnis seiner anatomischen Lage sichtbar war. Auch der bitemporale Strahlengang, wobei der Defekt im Profil dargestellt wurde, brachte befriedigende Ergebnisse.

Dadurch die Arrosion sehr viel Knochensubstanz entfernt wurde, erschien der Defekt insgesamt ausgedehnter, sodass er etwas besser im Vergleich zum Defekt ohne Arrosion abgebildet wurde. Im Vergleich mit der pneumatisierten Keilbeinhöhle muss festgestellt werden, dass er infolge schlechteren Kontrastes bei Wasserfüllung erst mit grosserem Durchmesser erkennbar war.

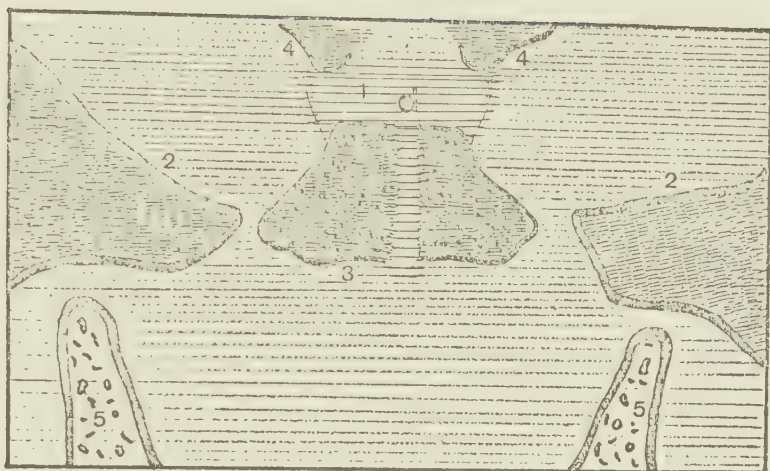
	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	5mm ar.
a.-p.	-	-	(+)P	- ++P ₁)	-
a.-p. 30°n.li.	-	-	(+)P	(+)P ++P ₁)	+P
a.-p. 30°n.re.	-	-	+S	- +S ₁)	+S
a.-p. 60°n.li.	-	-	-	- +P ₁)	-
a.-p. 60°n.re.	-	-	-	+P ++P ₁)	+P
bitemporal	(+)P	(+)P	++P	++P ++P ₁)	++P
axial	(+)A	+A	++A	++A ++A ₁)	++A

Defekt d: Defekt durch den Clivus in die
Keilbeinhöhle.

Die Dicke der Knochenwand betrug 9 mm. Der Knochen war hier stark spongiös. Die beste Aussicht auf Erkennung bot die Schichtung in sagittaler und axialer Richtung, wo er schon ab einem Durchmesser von 3 mm in Aufsicht bzw. im Profil dargestellt wurde. Die Drehungen aus der Sagittalen erbrachten keine zusätzlichen Informationen. Nach Arrosion stellte sich der Defekt schlechter dar.

Im Vergleich zum Defekt an der pneumatisierten Keilbeinhöhle sei vermerkt, dass sich durch in die Spongiosa eindringendes Wasser eine Kontrastminderung ergab, was eine unscharfe Konturierung zur Folge hatte.

	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	5mm ar.
a.-p.	-	+A	(+)A	+A ++A ₁)	(+)A
a.-p. 30°n.li.	-	(+)S	(+)S	(+)S ++S ₁)	(+)S
a.-p. 30°n.re.	-	-	(+)S	(+)S ++S ₁)	(+)S
a.-p. 60°n.li.	-	-	-	- (+)P ₁)	-
a.-p. 60°n.re.	-	-	(+)P	+P ++P ₁)	+P
bitemporal	-	-	+P	+P ++P ₁)	(+)P
axial	(+)P	+P	+P	+P ++P ₁)	+P



SAGITTALE SCHÄDELLAGE

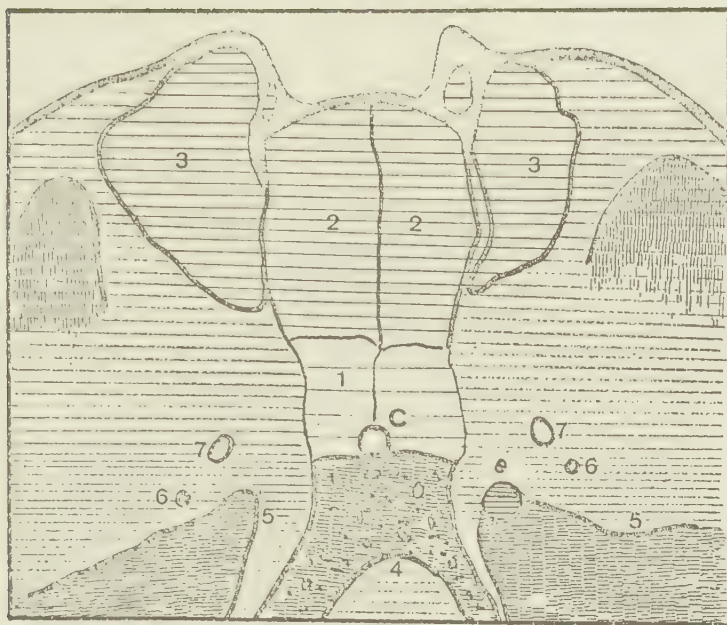
Abb. 8

- 1 Keilbeinhöhle
- 2 Felsenbein
- 3 Clivus
- 4 Processus clinoides ant.
- 5 Aufsteigender Ast des Unterkiefers

Defekt e: Defekt an der Felsenbeinspitze, rechts

Die Untersuchungsbedingungen waren denen des kontralateralen Defektes identisch, da die verschattete bzw. pneumatisierte Keilbeinhöhle sich nicht auf die Erkennbarkeit auswirkte. Daraus erklären sich die grundsätzlich gleichen Resultate im Vergleich zur Arbeit von KLOTZ (17). Als beste Projektionsrichtungen erwiesen sich die axiale Schädellage sowie die Drehungen in Richtung STENVERS-Projektion, Drehungen in Richtung E. G. MAYER-Projektion erwiesen sich als unbrauchbar.

	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
a.-p.	-	-	-	$\bar{(+)}P_1$
a.-p. 30° n.li.	(+)P	(+)P	+P	+F ++P ₁)
a.-p. 30° n.re.	-	-	-	$\bar{(+)}P_1$
a.-p. 60° n.li.	-	-	+P	++P ++P ₁)
a.-p. 60° n.re.	-	-	-	$\bar{(+)}P_1$
bitemporal	-	-	-	(+)P +P ₁)
axial	+P	+P	++P	++P ++P ₁)



AXIALE SCHÄDELLAGE

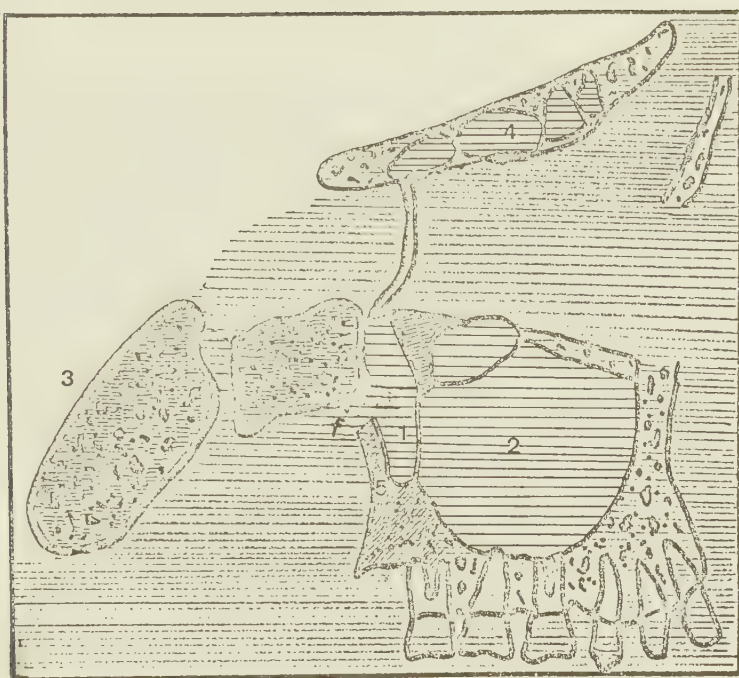
Abb. 9

- 1 Keilbeinhöhlenboden
- 2 Nasenhöhle
- 3 Kieferhöhle
- 4 Clivus
- 5 Felsenbein
- 6 Foramen spinosum
- 7 Foramen ovale

Defekt f: Defekt durch die Fossa pterygoidea in die Fossa pterygopalatina, links.

Der Defekt wurde durch die Lamina lateralis des Processus pterygoideus gebildet. Die Knochenstärke betrug 0,4 mm. Diese Tatsache und die für jede Projektionsrichtung ungünstige Wandneigung liessen den Defekt kaum als diagnostizierbar erscheinen. Der 5-mm-Defekt befand sich mehr am Ansatz der Lamina lateralis, wo der Knochen 4 mm Dicke aufwies. Daraus erklärt sich seine gute Darstellbarkeit.

	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
a.-p.	-	-	-	$\begin{pmatrix} + \\ + \end{pmatrix} \begin{matrix} A \\ A_1 \end{matrix}$
a.-p. 30° n.li.	-	-	(+)S	$\begin{matrix} +S \\ +S_1 \end{matrix}$
a.-p. 30° n.re.	-	-	(+)S	$\begin{matrix} (+)S \\ -1 \end{matrix}$
a.-p. 60° n.li.	-	-	-	$\begin{matrix} +S \\ +S_1 \end{matrix}$
a.-p. 60° n.re.	-	-	(+)P	$\begin{pmatrix} + \\ + \end{pmatrix} \begin{matrix} P \\ P_1 \end{matrix}$
bitemporal	-	-	-	$\begin{matrix} ++P \\ ++P_1 \end{matrix}$
axial	-	-	-	$\begin{matrix} (+)P \\ -1 \end{matrix}$



LATERALE SCHÄDELLAGE

Abb. 10

- 1 Flügelgaumengrube
- 2 Kieferhöhle
- 3 Clivus
- 4 Stirnhöhle
- 5 Fossa pterygoidea

Defekt n: Defekt am horizontalen Teil des
Canalis caroticus, rechts.

Der Defekt befand sich am horizontalen Teil des Kanals. Die Kaudale Begrenzung des Kanals (ca 2 mm dick) wurde abgetragen, sodass der Kanal nach kaudal offen lag. Die schwierige Nachweisbarkeit des eröffneten Kanals erklärt sich aus den dicken Knochenstrukturen in seiner unmittelbaren Umgebung. Nur in der Drehung 30° nac. rechts aus der sagittalen in Richtung E.G.MAYER-Projektion(axiale Pyramideneinstellung), wo er deutlich in Aufsicht sich darstellte, und in axialer Schädellage, in der ein Seitenvergleich möglich war, konnte er sehr gut dargestellt werden. In den übrigen Projektionen war er infolge starker Verwischung nicht nachweisbar.

	kaudale Wandung entfernt
a.-p.	-
a.-p. 30°n.li.	-
a.-p. 30°n.re.	++A
a.-p. 60°n.li.	-
a.-p. 60°n.re.	-
bitemporal	-
axial	++P

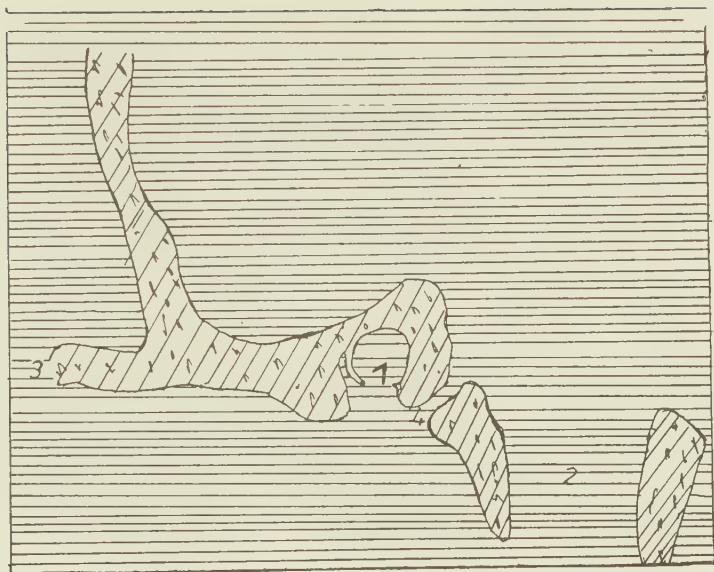


Abb.11

Projektion: a.-p.-30° nach rechts (in Richtung
E.-G.-MAYER-Projektion)

- 1 Defekt g in Aufsicht
- 2 Foramen magnum
- 3 Jochbogen
- 4 Canalis hypoglossi

Fraktur 1: Fraktur in der Lamina cribrosa rechts.

Die Fraktur in der Lamina cribrosa konnte im Übersichtsbild nie dargestellt werden. Im Tomogramm gelang es ebenfalls nicht sie darzustellen. Der Grund dafür ist in der ihr eigenen porösen Struktur zu suchen. Bei Seitenvergleich in den Standardprojektionen konnte nie ein diagnostizierbarer Unterschied zur unverletzten Seite festgestellt werden.

Fraktur 2: Fraktur in der Sutura sphenofrontalis, rechts.

Die Fraktur wies eine Deniszenz von 0,5 mm auf bei einer Knochenstärke von 0,2 mm. Erwartungsgemäss konnte sie auf Grund der geometrischen Verhältnisse nur im bitemporalen und axialen Strahlengang erfasst werden, aber nur bei Kenntnis ihrer anatomischen Lage. Die geringe Knochenstärke und der schmale Frakturspalt liessen den Defekt auch nicht in der bitemporalen Projektion, die einen tangentialen Strahleneinfall bot, regelmässig verfolgen. Das Übersichtsbild enthielt in keiner Projektionsrichtung einen Hinweis auf eine evtl. Fraktur.

	a.-p.	30°li	30°re.	60°li	60°re.	bitem.	axial
Übersicht.	-	-	-	-	-	-	-
Tomogram	-	-	-	-	-	(+)	(+)

Fraktur 3: Fraktur des Canalis opticus, rechts

Erwartungsgemäss liess sich die Fraktur, im hinteren Drittel des Canalis opticus gelegen, nur tomographisch nachweisen, da der hintere Teil des Kanals im Übersichtsbild immer überlagert ist. Die 30°-Drehung aus der Sagittalen zur Gegenseite stellte die Fraktur in der oberen Wand einwandfrei in ihrem gesamten Verlauf dar. Die Knochendicke betrug 1mm, die Spaltbreite 0,7 mm.

	a.-p.	30°li.	30°re.	60°li.	60°re.	bit.	axial
Übersichtsbild	-	-	-	-	-	-	-
Tomo	-	++	-	-	-	-	-

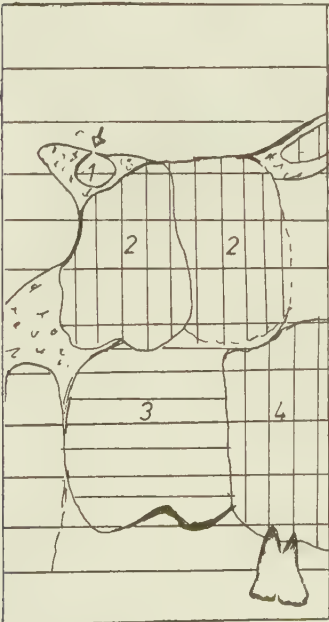


Abb. 12

Projektion: a.-p. 30°n.li.

- 1 Canalis opticus mit Fraktur
- 2 Keilbeinhöhlen
- 3 Cavum nasi
- 4 linke Kieferhöhle

Fraktur 4: Fraktur der Stirnhöhlenhinterwand ,
links.

auf den Übersichtsbildern in a.-p., a.-p. 30° n. li. und a.-p. 60° n. li. war sie sehr gut dargestellt, dabei war jedoch nicht festzustellen, ob die Fraktur in der vorderen oder hinteren Stirnhöhlenwand verlief. Tomographisch konnte sie in diesen Projektionen einwandfrei als Hinterwandfraktur in ihrem ganzen Verlauf identifiziert werden. Der beste tomographische Nachweis gelang in der axialen Projektion. Die Knochenwandstärke sowie die Spaltbreite betrugen je 0,8 mm.

	a.-p.	30° li.	30° re.	60° li.	60° re.	bit.	axial
Übersichtsbild	(+)	(+)	-	(+)	-	-	-
Tomo	+	+	-	+	+	-	++

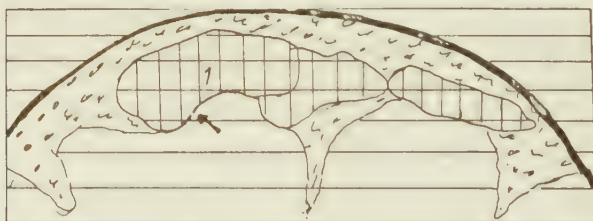


Abb.13

axiale Projektion

1 Stirnhöhle mit frakturierter Hinterwand

Fraktur 5: Frakturen im Orbitadach, rechts

Es handelte sich um zwei parallel verlaufende Frakturlinien, wobei die mediale fast genau in sagittaler Richtung etwa zwischen innerem und mittlerem Drittel des Daches zum Durchtrittskanal des Sehnervs verlief und eine Dehiszenz von etwa 0,5 mm aufwies.

Die mediale Frakturlinie ließ sich nur bei Kenntnis ihrer anatomischen Lage im a.-p. 30° n. li. Tomogramm nachweisen. Alle anderen Projektionen (Übersichtsbild als auch Tomogramm) erwiesen sich als unbrauchbar, was sich aus den unterschiedlichen Krümmungen der darzustellenden Struktur und dem damit verbundenen ungünstigen Strahlengang erklärt.

Die ca. 1,5 cm lateral davon verlaufende Frakturlinie mit einer Dehiszenz von etwa 1 mm verlief zur Fissura orbitalis inferior.

Im Übersichtsbild der Projektion a.-p. und a.-p. 30° n. li. war nur jeweils das mittlere Drittel der lateralen Frakturlinie dargestellt, das Tomogramm erbrachte aber eine erhebliche Mehrinformation. Ihr Verlauf im a.-p. Tomogramm war bis auf ihre Einmündung in die Fissura orbitalis inferior darstellbar, im a.-p. 30° n. li. Tomogramm war nur der Verlauf im Orbitadach nachweisbar, da das Dach senkrecht zur Schichtebene stand.

mediale Fraktur:

	a.-p.	30°li.	30°re.	60°li.	60°re.	bit.	axial
Übersichtsbild	-	-	-	-	-	-	-
Tomo	-	(+)	-	-	-	-	-

laterale Fraktur:

	a.-p.	30°li.	30°re.	60°li.	60°re.	bit.	axial
Übersichtsbild	+ b	+ b	-	-	-	-	-
Tomo	↑ ab	+ b	-	-	-	-	-

a:Verlauf im Orbitadach

b:Verlauf in der hinteren Orbitawand

c:Einnündung in die Fissura orbitalis inferior

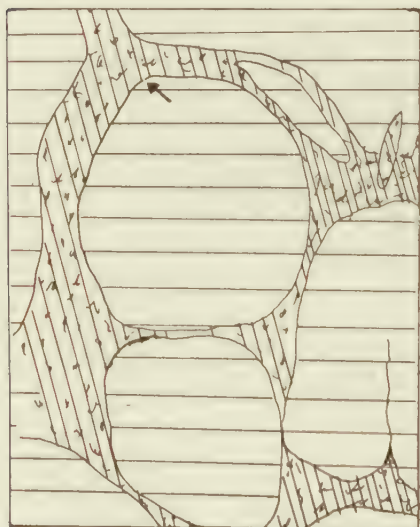


Abb. 74

Projektion: a.-p.

laterale Fraktur im

Orbitadach

VI. DISKUSSION

Schichtaufnahmen eines in Wasser getauchten mazerierten Schädels entsprechen weitgehend denen eines Lebenden. Ein geringer Unterschied bestand darin, dass auch die Nase mit Wasser gefüllt war, sodass auf den Röntgenbildern eine Verschattung auftrat, was sich aber auf die Darstellbarkeit der gesetzten Defekte und Frakturen nicht auswirkte.

Die Nasennebenhöhlen waren wassergefüllt und der Schädel mit Kunststofflack überzogen, sodass eine Durchdringung des gesamten Schädels mit Wasser nicht erfolgen konnte. Nur in der näheren Umgebung der Defekte konnte Wasser eindringen, was dort eine Tomorinfiltration imitierte.

Beim Einjustieren des Schädels nach der Deutschen Horizontalen und der Medianebene könnten geringe Fehler entstanden sein. Bei den verschiedenen Winkелеinstellungen an dem Stativkopf betrug die Fehlerquelle $\pm 1^\circ$. Eine solche Genauigkeit ist bei der Lagerung und Fixierung des Patienten nicht zu erreichen. Besonders bei Anwendung der axialen Projektion ist eine exakte Lagerung nicht möglich.

Da in der Literatur darauf hingewiesen wird, dass für Schichtaufnahmen des Schädels sich nur die hypozykloide Verwischung eignet, wurde diese Verwischungsart gewählt.

Nach Beurteilung der klinischen Symptomatik sowie der Übersichtsaufnahmen, kann auf eine vermutete Tumorlokalisation mit evtl. Knochendestruktion sowie auf eine Fraktur geschlossen werden. Auf Grund der durchgeführten Untersuchungen haben sich folgende Projektionen bei den obengenannten klinischen

Fragestellung als geeignet erwiesen (siehe auch nachstehende Tabellen):

Defekt a: Vermutet man eine Zerstörung der Fossa hypophysialis durch ein Hypophysenadenom, so eignet sich die Schichtung in bitemporalen Strahlengängen. Eine Drehung von 30° aus der Sagittalen zur Gegenseite erwies sich bei mehr lateraler Lage des Defekts als ebenso brauchbar.

Defekt b: Bei Verdacht auf einen parasellären Tumor (Meningioma, Trigeminalgangliom, Aneurysma der A. carotis interna) bietet die axiale Projektion die beste Aussicht auf Erkennung. Alle anderen Strahlengänge erwiesen sich unter den gegebenen Versuchsbedingungen (Verschattung der Keilbeinhöhle) als ungeeignet.

Defekt c: Liegt Verdacht auf einen Epipharynx tumor mit Erosion des Keilbeinhöhlenbodens vor, so eignen sich die axialen und bitemporalen Projektionen. Alle anderen Strahlengänge erwiesen sich als unbrauchbar.

Defekt d: Vermutet man infolge ausgedehnter Glomustumoren oder fortgeschrittener Hypophysentumoren eine Destruktion des Clivus, so bietet die Schichtung in axialen und sagittalen Strahlengängen die beste Darstellung.

Defekt e: Sollen Defekte an der Pyramiden spitze (ausgedehnte Glomustumoren, Chondrome, Epipharynx tumore) nachgewiesen werden, so eignen sich die axiale Projektion sowie Drehungen in Richtung SPENVERKS-Projektion gleich gut.

Defekt f: Häufig kommt es durch Epipharynx tumore zur Zerstörung der Laminae medialis et lateralis des Processus pterygoideus. Die Nachweisbarkeit dieses 4 mm Defektes war sehr schlecht, was auf die geringe Knochenwandstärke von nur 0,4 mm zurückzuführen ist. Der 5 mm Defekt (Knochenwandstärke 4 mm!) von der Fossa pterygoidea in die Fossa

pterygopalatina konnte bei Schichtung in lateralen
Schädelanlage sowie durch Drehungen in Richtung
STENVERS-Projektion nachgewiesen werden.

Defekt g: Führen ausgedehnte Glomustumoren oder Aneurysmen der A. carotis interna zu einer Zerstörung der kaudalen Wand des horizontalen Teils des Canalis caroticus, so ist diese Destruktion in einer Drehung von 30° aus der Sagittalen in Richtung E.G.MAYER-Projektion und in der axialen Schädelanlage darstellbar. Alle anderen Projektionen erwiesen sich als ungeeignet.

Insgesamt hat sich die axiale Projektion im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen als die beste erwiesen. Die anderen Hauptprojektionen waren im Vergleich zu ihr nicht so geeignet, die Nebenprojektionen ergaben keine zusätzlichen Informationen (Ausnahme: Defekt g).

Die Defekte b, c, d liessen sich nach Arrosion nicht einheitlich beurteilen.

Defekt b stellte sich nicht anders dar, da nur wenig Substanz arrosiert werden konnte und der Knochen nur aus Kompakta bestand. Eine Minderung der Konturenschärfe erschwerte seine Diagnose kaum.

Defekt d stellte sich jedoch schlechter dar. Die Kompaktaschicht war entfernt, sodass Wasser verstärkt in die weitmaschige Spongiosa eindrang, was eine starke Kontrastminderung zur Folge hatte.

Bei Defekt c wurde sehr viel Knochensubstanz entfernt, sodass der bei Defekt d beschriebene Effekt durch die grössere Ausdehnung nach Arrosion mehr als kompensiert wurde. Dieser Defekt stellte sich dann besser dar.

Tab.3:Übersicht der geeignetsten Projektionen

2mm 3mm 4mm 5mm					2mm 3mm 4mm 5mm				
a	a.-p.		----		a.-p.				
	30°li.		----		30°li.			----	
	30°re.		=====		30°re.				
	60°li.				60°li.			----	
	60°re.				60°re.				
	bit.		=====		bit.			----	
	ax.		----		ax.			----	
2mm 3mm 4mm 5mm					2mm 3mm 4mm 5mm				
b	a.-p.				a.-p.				
	30°li.				30°li.			=====	
	30°re.			-----	30°re.				
	60°li.				60°li.			-----	
	60°re.			-----	60°re.				
	bit.			-----	bit.			-----	
	ax.			=====	ax.			-----	
2mm 3mm 4mm 5mm					Defekt b,c,d,wurde arrodiert				
c	a.-p.			-----	-----=arrodierte Defekte				
	30°li.			-----					
	30°re.			-----	-----=Defekte der pneumatisierten				
	60°li.			-----	Keilbeinhöhlc(17)				
	60°re.			-----					
	bit.			-----					
	ax.			=====					
2mm 3mm 4mm 5mm									
d	a.-p.			-----					
	30°li.			-----					
	30°re.			-----					
	60°li.			-----					
	60°re.			-----					
	bit.			-----					
	ax.			=====					

Tab.4: Ab 2 mm diagnostizierbare Defekte

	a.-p.	30°li.	30°re.	60°li.	60°re.	bit.	axial
a							
b							
c							
d							
e							X
f							

Tab.5: Ab welcher Größe ist der Defekt diagnostizierbar?

	a.-p.	30°li.	30°re.	60°li.	60°re.	bit.	axial
a			4			4	
b							4
c			4		5	4	3
d	3				5	4	3
e		4		4			2
f				5		5	

Tab.6:Darstellungsmöglichkeit im Profil(Defekte bis 4mm)

	a.-p.	30°li.	30°re.	60°li.	60°re.	bit.	axial
a						X	
b							X
c						X	
d						X	X
e		X		X			X
f							
g							X

Tab.7:Darstellungsmöglichkeit in Aufsicht(Defekte bis 4mm)

	a.-p.	30°li.	30°re.	60°li.	60°re.	bit.	axial
a							
b							
c							X
d							
e							
f							
g			X				

Vergleicht man die Ergebnisse zwischen der pneumatisierten und verschatteten Keilbeinhöhle, so lässt sich eine insgesamt schlechtere Diagnostizierbarkeit der Defekte feststellen.

Besonders bei dünnen, aus Kompakta bestehenden Wandungen wirkte sich die durch die Verschattung gegebene Kontrastminderung stark aus(Defekt a,b).

Waren die durchbrochenen Wände stark spongiös(Defekt c,d), so ergab sich durch das in die Defektwände eindringende Wasser(Imitation eines infiltrierenden Tumors) ebenfalls eine starke Kontrastminderung, was eine schlechtere Erkennbarkeit zur Folge hatte.

Defekt g liess sich nur dann darstellen, wenn er genau in Aufsicht oder Profil vom Strahlengang erfasst wurde. War dies nicht der Fall, so wurde der Kanal immer von der ihn umgehenden Knochenstruktur(Felsenbein) überwischt.

Die E r k e n n b a r k e i t der D e f e k t e ist abhängig

- a) von der Wandneigung(bezogen auf die Vertikale der Schichtebene des angewandten Strahlengangs ()

Daraus erklären sich die unterschiedlichen Ergebnisse bei den verschiedenen Drehungen des Schädels. Bis zu einer Wanneigung von 30° (Hälfte des Pendelwinkels) ist eine Darstellung möglich.

- b) von der Dicke des Knochens: Defekt b) wurde z.B. auf Grund der geringen Wandstärke(0,3 mm) nur schlecht erkannt.

- c) von der Dichte des Knochens. War der Knochen stark spongiös, so wurden Defekte(d) auch auf Grund der geringen Absorptionsfähigkeit nur schlecht erkannt.(Hinzu kommt noch die Füllung der Spongiosa mit Wasser)

d) von der Dichte des den Knochen umgebenden Materials.

Defekt g) war von starken Knochenstrukturen umgeben, sodass er meist überwischt wurde.

Für die F r a k t u r e n gilt grundsätzlich dasselbe wie für die Defekte, jedoch muss der Strahleneinfall genügend tangential erfolgen, um sie diagnostizieren zu können. Das in den Nasennebenhöhlen befindliche Wasser beeinträchtigte kaum ihre Diagnostizierbarkeit. Gerade der Frakturennachweis zeigte deutlich, wie wichtig es ist, den Frakturspalt genügend tangential zu erfassen.

Das Tomogramm ergab immer eine offenkündige Mehrinformation, besonders bei Fraktur 2 und 3. Bei diesen Frakturen war im Ü b e r s i c h t s b i l d nie ein Hinweis auf einen evtl. Bruchspalt zu finden. Fraktur 2 war jedoch auch tomografisch nicht einwandfrei darstellbar(geringe Knochendicke 0,2 mm). Fraktur 3 dagegen stellte sich bei geometrisch richtiger Projektion einwandfrei dar. Fraktur 4 konnte nur tomographisch als Hinterwandfraktur diagnostiziert werden. Die Übersichtsbilder liessen sowohl eine Vorder- als auch Hinterwandfraktur möglich erscheinen. Die Einmündung der Fraktur 5 (lateraler Spalt) in die Fissura orbitalis inferior wurde auf Grund des immer ungünstigen Strahleneinfalls nie erkannt.

VII ZUSAMMENFASSUNG

Untersucht wurde die Detaillierkennbarkeit von künstlich gesetzten Defekten (2 - 5 mm Durchmesser) und Frakturen an der Keilbeinhöhle und vorderen Schädelgrube.

Es wurde ein mazierte Schädel verwendet, der in ein Wasserbecken eingebracht wurde, um die Weichteile zu imitieren. Die Nasennebenhöhlen waren verschattet.

Mit 2 mm Schichtabstand wurde der Schädel in sieben Projektionen, 3 Hauptprojektionen und 4 Nebenprojektionen (30° und 60° in Richtung paralleler und axialer Pyramideneinstellung) geschichtet.

Es wurde zu klären versucht, ab welcher Grösse und in welchen Projektionen sich die einzelnen Defekte und Frakturen am besten darstellen.

Dabei zeigte sich, dass die Hauptprojektionen meist ausreichend sind, wobei die axiale Projektion am besten geeignet war. Nur Defekte am Canalis opticus und Canalis caroticus und der Felsenbeinspitze erforderten die Anwendung einer der Nebenprojektionen.

Die Detaillierkennbarkeit war stets abhängig von der Wandneigung, der Dicke und der Dichte des Knochens sowie von der Dichte des Materials, das den Knochen umgab.

Arrodierte Defekte waren in ihrer Erkennbarkeit verglichen mit den nicht arrodierten, abhängig von der Art des arrodierten Knochens (Kompakte - Spongiosa) sowie vom Umfang der Arrosion.

Defekte an dünnen Wandungen wurden nicht dargestellt.

Verglichen mit der pneumatisierten Keilbeinhöhle waren die Defekte schlechter Diagnostizierbar, was auf den geringeren Kontrast zurückzuführen ist.

Das Tomogramm der Frakturen erbrachte eine offenkundige Mehrinformation, verglichen mit dem Summationsbild, was auf den Fortfall von Überlagerungen zurückzuführen ist. Eine Fraktur konnte jedoch nie nachgewiesen werden.

VIII LITERATURVERZEICHNIS

- 1 BARTELINK D.L.: Röntgenschnitte. Fortschr. Röntgenstrahlen 47 (1933) 399-407
- 2 BAIER: Bedeutung der Tomographie in der Frakturdiagnostik der Stirnhöhlenhinterwand und der Siebbeinzellen. Fortschr. Röntgenstr. Beiheft (1966) 158-160
- 3 BAIER: Die Schichtuntersuchung der Kieferhöhlen. Röntgen-Bl. 17 (1964) 245-251
- 4 BOCCAGE: Französische Patentschrift Nr. 536464 (1922)
- 5 DIETZ, H.: Die frontobasale Schädelhirnverletzung. Habilitation Mainz (1966)
- 6 FLEISCHER , K.: Diskussionsbemerkung. Wiss. Z. Leipzig, math,-naturw. Reihe 9 (1959/60) 281 u. 318
- 7 FLETCHER ,G.H., B.S. JING: Head & Neck, Atlas of Tumor Radiology. Chicago (1968)
- 8 FREY, K.W.: Die Tomographie der Glomustumoren des Ohres. Fortschr. Röntgenstr. 107, (1967) 775-786
- 9 GÖSEPATH, J.K. REISNER: Zur Klinik der bösartigen Nasen-Rachentumoren. Z. Laryngol. Rhinol. 47 (1968) 409-429

- 10 GRASHEY, R., BIRKNER: Atlas typischer Röntgerbilder
vom normalen Menschen. Urban
u. Schwarzenberg (1955)
- 11 GROSSMANN, G.: Tomographie I + II. fortschr. Röntgen-
str. 51 (1935) 61-80 u. 191-208
- 12 LANDKE: Lymphosarkom der Keilbeinhöhlenschleimhaut
unter dem Bild einer rhinogenen Meningitis
Z. Hals- Nas.- u. Ohrenheilk. 41 (1937) 44
- 13 HOMMERICH K.W.: Die Geschw. der Nase u. Nasennebenhöh-
len. in: kurzes Hdb. d. HNO-Meilk.
Thieme, Stuttgart (1964), Band 1
- 14 JACKEL, B.: Experimentelle Untersuchungen zur Nachweis-
barkeit von Knochendefekten an der Kiefer-
höhle bei Schichtaufnahmen in hypozykloider
Verwischung. Dissertation München (1973)
- 15 KLEINSASSER, C., ALBRECHT, H.: Zur Kenntnis der Osteo-
sarkome d. Stirn- u. Keil-
beins. Arch. Ohr.-Nas.- u.
Kehlkopf-Meilk. 170, (1957)
595
- 16 KLEY, W.: Röntgenologische Differenzialdiagnose der
Nasennebenhöhlenerkrankungen unter bes. Be-
rücksichtigung des Schichtbildes. H.N.O.
(Berlin) 15 (1967) 153-155
- 17 KLOTZ, M.: Experimentelle Untersuchungen zur Nachweis-
barkeit von Knochendefekten an der Keilbein-
höhle bei Schichtaufnahmen in hypozykloider
Verwischung. Dissertation München (1973)

- 18 KÜMEL, W.: Die bösartigen Geschwülste der Nase. in:
Heymanns Hdb, d. Laryng. u. Rhinol. 3
(1900), 2
- 19 LÖPP, LORENZ: Röntgendiagnostik des Schädels. Thieme
Stuttgart (1971)
- 20 MUNDNICH, K. TERRAHE: Röntgenologische Diagnose der
Glomustumoren im Ohrbereich.
Zeitschr. f. Laryng. u. Rhinol.
5, (1967) , 426
- 21 MUNDINGER , F., RIECHERT, T.: Hypophysentumoren, Hypo-
physenektomie. Thieme
Stuttgart (1967)
- 22 OFFIKOFER, E.: über die primären mal. Geschw. des Nasen-
Rachenraumes. Arch. Laryng. Rhinol.
(Berlin) 27, (1913), 526
- 23 FOHL, E.: DRP, 544200 (1927/32)
- 24 PORTES, F. u. M. CHAUSSEE: Franz. Patentschrift Nr. 541941
(1922)
- 25 ISENNER: Röntgendiagnostik der Nase, der Nasennebenhöhlen
und des Epipharynx. in: Hdb. d. med. Radiologie
Band VII/2 Berlin (1963) (S.130-364)
- 26 REISNER, K. u. GOSSEPATH: Schädeltomographie. Thieme
Stuttgart (1973)
- 27 RINGERTZ, N: Pathology of mal. tum. arising in the nas.
a. paranas. cavities. Acta O.R.L. 27 (1938)
234 u. 382

- 28 STIEVE, F.E.: Bevorzugte Darstellung einzelner Körperschichten. in: Hdb. d. med. Radiologie Band 3, Berlin (1967) (S.719-1022)
- 29 SWART, B.: Die Schichtuntersuchung der Nase- und Nasennebenhöhlen und der Orbita. Radiologie 3, 161 (1963)
- 30 SWART, DINGENDORF, KATHE: Grundsätze der tomogr. Praxis. Radiologie 9 (1969) 93-125
- 31 TAKASHI, M.: Carzinoma of paranasal sinuses. American J. Pathology. 32 (1956) 501
- 32 JEFFENORDE, W.: Die Verletzungen der Nase und ihrer Nebenhöhlen. in: Hdb. d. H.N.O. Meilk. Bd. III Teil 3
- 33 VIBTEN, H.: Theorie und Technik der Schichtdarstellung in: Das Röntgenschnittbild Thieme, Stuttgart (1959)
- 34 WUSTROW, F.: Die Tumoren des Gesichtsschädels. Urban u. Schwarzenberg (1965)
- 35 ZIEDESES DES PLANTIS, B.G.: Eine neue Methode zur Differenzierung in der Röntgenographie. Acta Radiol. (Stockholm) 13 (1932) 182-191

Lebenslauf

Am 14. Februar 1951 wurde ich als erstes Kind des Dr. jur. Roman Ritter von Schönfeld und dessen Ehefrau Doris geb. Friedrich in München geboren.

Vor 1957 bis 1961 besuchte ich die Volksschule in Gräfelfing. Anschliessend trat ich in das Kurt-Huber-Gymnasium in Gräfelfing über. Dort legte ich im Juli 1970 das Abitur ab.

Seit dem Wintersemester 1970/71 bin ich an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität in München für das Fachgebiet Zahnmedizin immatrikuliert. Nach zwei Semestern bestand ich im Sommersemester 1971 das Vorphysikum, nach folgenden drei Semestern das Physikum im Wintersemester 1972/73. Zur Zeit befinde ich mich im 2. klinischen Semester.

